

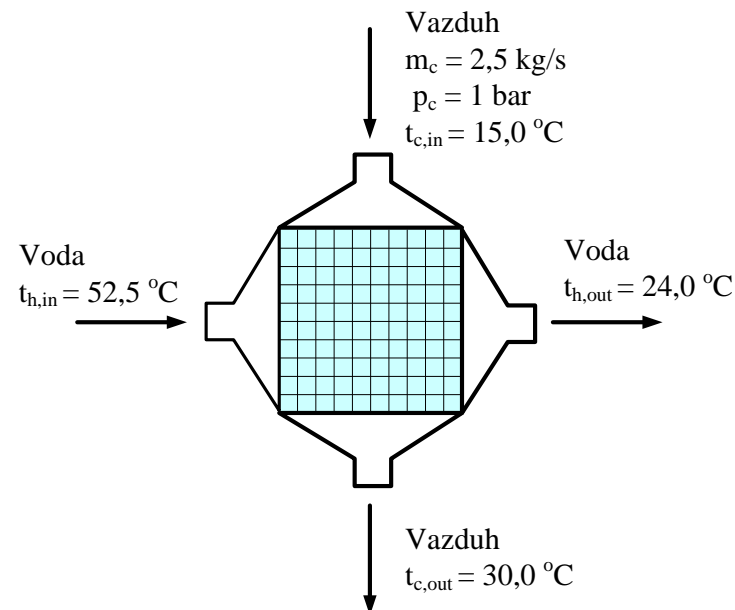
INŽENJERSKI PRORAČUNI ENERGETSKIH APARATA I UREĐAJA

ODREĐIVANJE RADNE TAČKE TOPLOTNIH RAZMENJIVAČA

ODREĐIVANJE RADNE TAČKE TOPLOTNIH RAZMENJIVAČA

- Primer 1.

Unakrsni razmenjivač toplote (nijedan od fluida se ne meša poprečno svome toku) zagreva 2,5 g/s suvog vazduha, pri pritisku od 1 bar i temperaturi 15 do 30°C. Za zagrevanje se koristi topla voda, pri 52,5°C. Izlazna temperatura vode je 24°C (slika). Ukupni koeficijent prolaza toplote je 300 W/(m²°C). Ostale indikatore performansi razmenjivača toplote treba da se odrede.



ODREĐIVANJE RADNE TAČKE TOPLOTNIH RAZMENJIVAČA

- Primer 1.

Proračun može da se obavi korišćenjem pratećeg programa uz ovaj tekst. Prvo, izborom OPŠTE (dugme Opcije) i pritiskom na dugme DALJE otvara se drugi prozor, koji nudi izbor osam tipova razmenjivača toplote. Bira se **tip razmenjivača broj 5** (unakrsni toplotni razmenjivač kod kojeg se fluidne struje ne mešaju poprečno svome toku) i nakon toga, program automatski prelazi na tabelu sa listom mogućih problema. Odabira se **problem br 5.** Ali, u analiziranom slučaju zadat je samo maseni protok vazduha, a treba odrediti toplotni kapacitet. **Kada je reč o suvom vazduhu, specifična toplota gasa je oko 1 kJ/(kg °C), što znači da je toplotni kapacitet brojčano približno jednak protoku.** To će biti samo prva iteracija.

U sledećem koraku, program proračunava **srednje temperature i specifične toplote fluida.** Ova nova specifična toplota vazduha i njegovog masenog protoka daje novi i različit toplotni kapacitet. Izborom prethodnog prozora i upisivanjem novog toplotnog kapaciteta vazduha proračun se ponavlja. Na slici prikazani su ulazni podaci i rezultati proračuna. Vidljivo je da u ovoj fazi proračuna vrsta fluida ne mora biti poznata. To pojednostavljuje rešavanje, jer nije potrebno da se definiše slaba i jaka fluidna struja.

ODREĐIVANJE RADNE TAČKE TOPLOTNIH RAZMENJIVAČA

- Primer 1.

Problem Definition

INPUT DATA

HOT FLUID	PROBLEM No 5	COLD FLUID
Wh [kW/K] = Unknown	Flow Arr. No 5	Wc [kW/K] = 2.5
Th,in [oC] = 52.5	UA [kW/K] = Unknown	Tc,in [oC] = 15
Th,out [oC] = 24		Tc,out [oC] = 30
(Th,out < Th,in)		(Tc,out > Tc,in)

OUTPUT DATA

HOT FLUID	COLD FLUID
Wh [kW/K] = 1.32	Wc [kW/K] = 2.50
Th,in [oC] = 52.5	Tc,in [oC] = 15.0
Th,out [oC] = 24.0	Tc,out [oC] = 30.0
Th,ave [oC] = 38.3	Tc,ave [oC] = 22.5
UA [kW/K] = 3.06	
Q [kW] = 37.5	
NTU = 2.32	
Omega = 0.5263	
Effectiveness = 0.7600	
dTfluids [oC] = 12.3	
LMTD [oC] = 14.7	

ODREĐIVANJE RADNE TAČKE TOPLOTNIH RAZMENJIVAČA

- Primer 1.

Nakon unosa svih podataka i pritiskom na dugme PRORAČUN, rezultati će se pojaviti u okviru IZLAZNI PODACI. Sada su poznati toplotni kapaciteti fluida, četiri temperature i veličina razmenjivača toplote izražena preko $U \cdot A$. Efektivnost, NTU i ω su redom 0,7600, 2,32 i 0,5263.

Toplotni protok jeste 37,7 kW, a pošto je poznat proizvod $U \cdot A$, može da se izračuna potrebna površina razmenjivača na sledeći način:

$$A = \frac{Q}{U \cdot \Delta t_f} = \frac{37,7 \cdot 1000}{300 \cdot 12,3} = 10,2 \text{ [m}^2\text{]}$$

ODREĐIVANJE RADNE TAČKE TOPLOTNIH RAZMENJIVAČA

- Primer 1.

U svim slučajevima i tipovima proračuna mora se znati kako je definisana vrednost $U = 300 \text{ W}/(\text{m}^2\text{°C})$ (prema vrsti površine, topla ili hladna strana fluida, itd).

Srednja razlika temperatura između fluida je u ovom slučaju $12,3\text{°C}$, što je manje od logaritamske srednje razlike temperatura (LSRT), koja je $14,7\text{°C}$. Razlog je upotreba unakrsnog toplotnog razmenjivača, koji je termodinamički lošiji od suprotnosmernog.

Sledeći korak (korak 4) proračuna je definisanje i određivanje svojstava fluida. Ustvari, mora da se pretpostavi specifična toplota hladnog fluida. Maseni protok hladnog toka je zadat i u nekoliko iteracija mora da se odredi toplotni kapacitet hladnog fluida kako bi odgovarao zadatom protoku. Izborom toplog fluida (voda) i odgovarajućeg pritiska (1 bar), program izračunava maseni protok toplijeg fluida. Pošto je hladniji fluid vazduh na pritisku 1 bar, program izračunava odgovarajući protok. Gustina i specifična toplota gasa izračunavaju se za srednju temperaturu hladnijeg fluida. Izračunati protok je praktično isti, kao i zadati ($2,5 \approx 2,4901$), pa je proračun završen.

ODREĐIVANJE RADNE TAČKE TOPLOTNIH RAZMENJIVAČA

- Primer 1.

The screenshot shows a software window titled "Volume and Mass Flow Rates Determination". It is divided into two main sections: "HOT FLUID" and "COLD FLUID".

HOT FLUID

- Mean Pressure [bar] = 1
- Hot fluid: Water
- Calculation button
- Density, ρ_0 [kg/m³] = 986.9
- Specific Heat, c_p [J/kgK] = 4179.8
- Mass flow rate, M_h [kg/s] = 3.1581E-01
- Volume flow rate, V_h [m³/s] = 3.2000E-04

COLD FLUID

- Average Pressure [bar] = 1
- Cold fluid: Dry Air
- Calculation button
- Density, ρ_0 [kg/m³] = 1.2
- Specific Heat, c_p [J/kgK] = 1004.0
- Mass flow rate, M_h [kg/s] = 2.4901E+00
- Volume flow rate, V_h [m³/s] = 2.0593E+00

Buttons on the right side of the window include: EXCEL, Clear, Test data, Back, and Close.

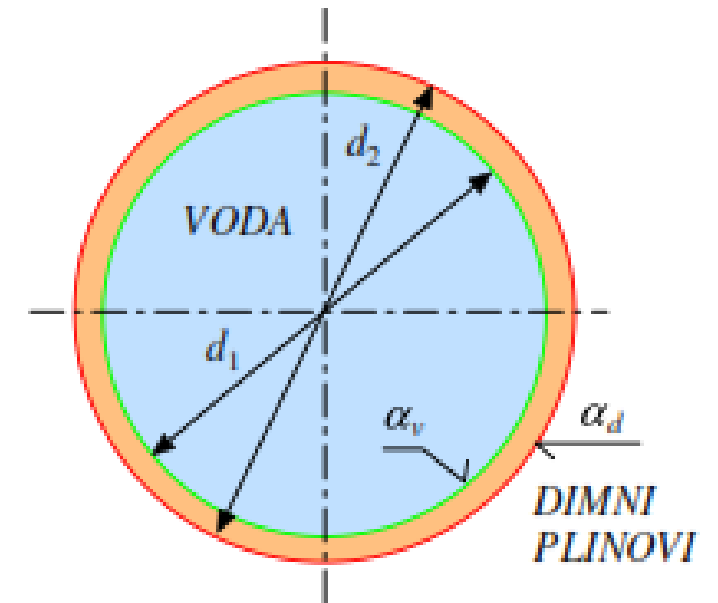
ODREĐIVANJE RADNE TAČKE TOPLOTNIH RAZMENJIVAČA

- Zadatak 1.

Toplotni aparat za zagrevanje vode izveden je kao istosmerni izmenjivač toplote. Kroz bakarne cevi, prečnika $d_u/d_s = 20/24$ mm, struji $10,2$ kg/s vode, specifične toplote $C_p = 4,18$ kJ/k . Temperatura vode na ulazu je 20 oC. Potrebna toplota dovodi se od dimnih gasova koji se, strujeći oko cevi, ohlade od 320 oC na 180 oC. Toplotni kapacitet toplijeg fluida je $W_c = 21,4$ kW/K. Ukupni koeficijent prolaza toplote je $U = 130$ W/m²K.

Potrebno je odrediti:

- a) Odredite površinu izmenjivača toplote A i njegovu dužinu L , ako je broj cevi u snopu $n=220$
- b) Ako bi se konstruisani izmenjivač koristio kao suprotosmerni, kolike bi bile izlazne temperature vode i dimnih gasova? (Napomena: svi ostali podaci važe kao i u prethodnom slučaju).
- c) Kolika je potrebna površina, odnosno dužina suprotosmernog izmenjivača, da bi se postigle izlazne temperature vode i dimnih gasova kao kod istosmernog izmenjivača pod a)? (Napomena: vrede svi podaci osim tipa izmenjivača i površine A , odnosno dužine L).



ODREĐIVANJE RADNE TAČKE TOPLOTNIH RAZMENJIVAČA

a) Odredite površinu izmenjivača toplote A i njegovu dužinu L,

Problem Definition

INPUT DATA

HOT FLUID

Wh [kW/K] = 21,4
Th,in [oC] = 320
Th,out [oC] = 180
(Th,out < Th,in)

COLD FLUID

Wc [kW/K] = 42,7
Tc,in [oC] = 20
Tc,out [oC] = Unknown
(Tc,out > Tc,in)

PROBLEM No 4
Flow Arr. No 1

UA [kW/K] = Unknown

OUTPUT DATA

HOT FLUID

Wh [kW/K] = 21,40
Th,in [oC] = 320,0
Th,out [oC] = 180,0
Th,ave [oC] = 250,0

COLD FLUID

Wc [kW/K] = 42,70
Tc,in [oC] = 20,0
Tc,out [oC] = 90,2
Tc,ave [oC] = 55,1

UA [kW/K] = 17,19
Q [kW] = 2996,0
NTU = 0,80
Omega = 0,5012
Effectiveness = 0,4667
dTfluids [oC] = 174,3
LMTD [oC] = 192,8

Calculation

Next

Clear

Test data

Back

Close

ODREĐIVANJE RADNE TAČKE TOPLOTNIH RAZMENJIVAČA

a) Odredite površinu izmenjivača toplote A i njegovu dužinu L,

$$A = \frac{Q}{U \cdot \Delta t_f} = \frac{2996 \cdot 1000}{130 \cdot 174,3} = 132,2 \text{ [m}^2\text{]}$$

$$A = d_s \cdot \pi \cdot L$$

$$L = \frac{A}{\pi \cdot d_s} = \frac{132,2}{3,14 \cdot 0,024} = 1754 \text{ [m]}$$

$$l = \frac{L}{n} = \frac{1754}{220} = 7,93 \text{ [m]}$$

ODREĐIVANJE RADNE TAČKE TOPLOTNIH RAZMENJIVAČA

- b) Ako bi se konstruisani izmenjivač koristio kao suprotosmerni, kolike bi bile izlazne temperature vode i dimnih gasova? (Napomena: svi ostali podaci vrede kao i u prethodnom slučaju).

Hladniji fluid izlazi sa višom temperaturom, a topliji fluid izlazi sa nižom temperaturom nego u prethodnom primeru.

Ovim se može primetiti da su suprotnosmerni izmenjivači nešto efikasniji od istosmernih.

Problem Definition

INPUT DATA		PROBLEM No 12	COLD FLUID		
HOT FLUID		Flow Arr. No 2			
Wh [kW/K] =	21,4	UA [kW/K] =	17,19	Wc [kW/K] =	42,7
Th,in [oC] =	320			Tc,in [oC] =	20
Th,out [oC] =	Unknown			Tc,out [oC] =	Unknown
<i>(Th,out < Th,in)</i>				<i>(Tc,out > Tc,in)</i>	

OUTPUT DATA		COLD FLUID			
HOT FLUID					
Wh [kW/K] =	21,40	UA [kW/K] =	17,19	Wc [kW/K] =	42,70
Th,in [oC] =	320,0	Q [kW] =	3190,7	Tc,in [oC] =	20,0
Th,out [oC] =	170,9	NTU =	0,80	Tc,out [oC] =	94,7
Th,ave [oC] =	245,5	Omega =	0,5012	Tc,ave [oC] =	57,4
		Effectiveness =	0,4970		
		dTfluids [oC] =	185,6		
		LMTD [oC] =	185,6		

Calculation

Next

Clear

Test data

Back

Close

ODREĐIVANJE RADNE TAČKE TOPLOTNIH RAZMENJIVAČA

- c) Kolika je potrebna površina, odnosno dužina suprotnosmernog izmenjivača, da bi se postigle izlazne temperature vode i dimnih gasova kao kod istosmernog izmenjivača pod a)? (Napomena: vrede svi podaci osim tipa izmenjivača i površine A, odnosno dužine L).

Problem Definition

INPUT DATA		PROBLEM No 5	COLD FLUID	
HOT FLUID		Flow Arr. No 2	COLD FLUID	
Wh [kW/K] =	Unknown	UA [kW/K] =	Wc [kW/K] =	42,7
Th,in [oC] =	320		Tc,in [oC] =	20
Th,out [oC] =	180		Tc,out [oC] =	90,4
<i>(Th,out < Th,in)</i>			<i>(Tc,out > Tc,in)</i>	

OUTPUT DATA		COLD FLUID	
HOT FLUID		COLD FLUID	
Wh [kW/K] =	21,47	Wc [kW/K] =	42,70
Th,in [oC] =	320,0	Tc,in [oC] =	20,0
Th,out [oC] =	180,0	Tc,out [oC] =	90,4
Th,ave [oC] =	250,0	Tc,ave [oC] =	55,2
UA [kW/K] =	15,60		
Q [kW] =	3006,1		
NTU =	0,73		
Omega =	0,5029		
Effectiveness =	0,4667		
dTfluids [oC] =	192,7		
LMTD [oC] =	192,7		

Buttons: Calculation, Next, Clear, Test data, Back, Close

ODREĐIVANJE RADNE TAČKE TOPLOTNIH RAZMENJIVAČA

c) Odredite površinu izmenjivača toplote A i njegovu dužinu L,

$$A = \frac{Q}{U \cdot \Delta t_f} = \frac{3006,1 \cdot 1000}{130 \cdot 192,7} = 120 \text{ [m}^2\text{]}$$

$$A = d_s \cdot \pi \cdot L$$

$$L = \frac{A}{\pi \cdot d_s} = \frac{120}{3,14 \cdot 0,024} \cong 1593 \text{ [m]}$$

$$l = \frac{L}{n} = \frac{1593}{220} = 7,24 \text{ [m]}$$

Iz proračuna se vidi da je izbor tipa izmenjivača bitan sa ekonomskog aspekta projektovanja izmenjivača toplote.

